SISTEM MONITORING SUHU DAN KELEMBABAN PADA INKUBATOR FERMENTASI TEMPE MENGGUNAKAN THINGER.IO

Putri Damayanti
Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muria Kudus
Email: putridmyn121@gmail.com

ABSTRAK

Tempe menjadi makanan yang populer di Indonesia yang dimanfaatkan sebagai alternatif sumber protein nabati karena kandungan proteinnya yang tinggi. Dalam pembuatan tempe secara tradisional tanpa menggunakan teknologi kurang efektif karena suhu dan kelembaban yang tidak sesuai dengan kebutuhan pada saat proses fermentasi akan mengakibatkan pertumbuhan jamur padatempe tidak sempurna dan waktu fermentasi menjadi lama yang berdampak pada hasil kualitas tempe menjadi kurang baik, sehingga mempercepat kerusakan pada tempe. Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang suatu sistem yang dapat melakukan pengendalian dan pemantauan untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembaban selama proses fermentasi tempe berbasis *Internet of Things*. Motode yang digunakan adalah metode penelitian dan pengembangan atau *Research and Devolopment* (R&D). Pada pengendalian sistem mengunakan mikrokontroler Arduino Mega dengan memanfaatkan sensor DHT22 akan menghasilkan keluaran menyalakan *heater, fan*, dan *mist maker*dan NodeMCU ESP8266 sebagai pengirim data ke *smartphone* melalui *platform Thinger.io*. Hasil penelitian ini adalah berupa alat inkubator yang dapat dilakukan pemantau suhu dankelembaban melalui *website.* Hasil pengujian sensor DHT22 dengan persentase rata-rata *error* 1,2%untuk suhu dan 3,2% untuk kelembaban. Pada pengujian tampilan LCD dengan tampilan *Thinger.io*menghasilkan *error* tampilan 0% sehingga dapat dikatakan kemampuan *Thinger.io* untuk memantausuhu dan kelembaban berjalan dengan baik. Untuk pengujian fermentasi tempe dihasilkan waktu tercepat 22 jam dengan suhu antara 34℃ – 35℃ dan kelembaban 65% – 70%RH, sehingga denganmenggunakan inkubator frementasi dapat lebih cepat 18 jam dari pada metode konvensional.

Kata kunci: Tempe, *Internet of Things*, Arduino Mega, *Thinger.io*, DHT22

ABSTRACT

Tempe is a popular food in Indonesia which is used as an alternative source of vegetable protein because of its high protein content. In making tempe traditionally without using technologyit is less effective because the temperature and humidity which are not in accordance with the needs during the fermentation process will result in imperfect growth of the fungus and the fermentation time becomes long which has an impact on the quality of the tempe to be less good, thus accelerating the damage to the tempe. The purpose of this research is to design a system that can control and monitor to maintain temperature and humidity stability during the tempe fermentation process basedon the Internet of Things.

The method used is the research and development method or Research and Development (R&D). In controlling the system using the Arduino Mega microcontroller by utilizing the DHT22 sensor, it will produce output that turns on the heater, fan, and mist maker and NodeMCU ESP8266as a data sender to smartphones via the Thinger.io platform.

The results of this study are in the form of an incubator that can monitor temperature andhumidity through the website. DHT22 sensor test results with an average percentage error of 1.2%for temperature and 3.2% for humidity. In testing the LCD display with the Thinger.io display it produces a display error of 0% so that it can be said that Thinger.io's ability to monitor temperatureand humidity is running well. For the tempe fermentation test the fastest time is 22 hours with temperatures between 34℃ – 35℃ and humidity 65% – 70%RH, so using an incubator fermentationcan be 18 hours faster than conventional methods.

Keywords: Tempe, *Internet of Things*, Arduino Mega, *Thinger.io*, DHT22

1. PENDAHULUAN

Tempe merupakan makanan yang mudah mengalami kegagalan produksi akibat proses produksi yang kurang memenuhi syarat. Jamur yang ada di kedelai ini dapat tumbuh dengan cara melakukan pemberian ragi tempe setelah pemberian ragi tersebut di lanjutkan ke proses fermentasipada suhu sekitar 25℃ sampai dengan 35℃ dan kelembaban udara 60% sampai 75% RH. Proses pemeraman atau fermentasi tempe yang dilakukan secara tradisional berlangsung selama 40-48 jam.Pemenuhan syarat penyimpanan ini lah yang menjadi salah satu faktor penentu baik atau tidaknya hasil produksi tempe tersebut karena jamur *Rhizopus sp* tersebut hanya tubuh pada rentang suhu tersebut. Apabila tidak memenuhi syarat atau kurang maksimal pada proses fermentasi akan terlihat setelah aktifitas pertumbuhan *Rhizopus sp*, yaitu setelah terbentuknya spora-spora baru yang berwarna putih-

kehitaman yang pada akhirnya mengakibatkan baiknya hasil produksi tempe yang dihasilkan yang dapat ditandai dengan baunya yaitu bau amoniak dari tempe tersebut. Adanya bau amoniak ini masih dapat dirasakan sekalipun tempe telah diolah menjadi makanan, sehingga dapat menurunkan cita rasa dan kualitas dari mutu hasil [1].

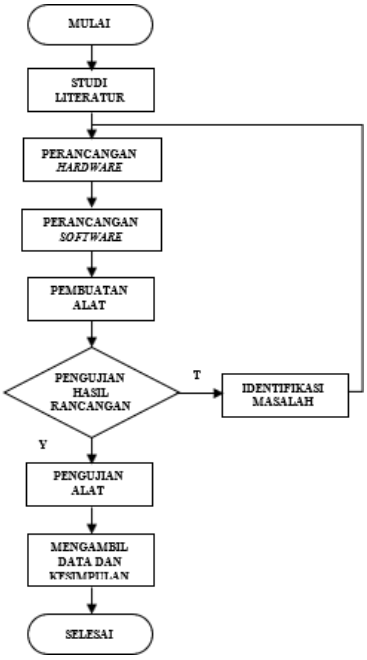
Pada umumnya, dalam pembuatan tempe konvensional para produsen tempe masih menggunakan cara manual untuk menjaga suhu dan kelembaban fermentasi. Apabila saat musim dingin, tempe biasanya ditutup dengan kain ataupun penutup lainnya untuk menjaga suhu dan kelembaban pada saat fermentasi tetap stabil. Cara tersebut kurang efektif karena suhu dan kelembaban yang tidak sesuai dengan kebutuhan pada saat proses pemeraman akan mengakibatkan pertumbuhan jamur pada tempe tidak sempurna dan waktu fermentasi menjadi lama yang berdampak pada hasil kualitas tempe menjadi kurang baik dan mempercepat kerusakan pada tempe .[2]

Kondisi suhu dan kelembaban yang tidak menentu akan mengakibatkan kegagalanfermentasi dan berdampak merugikan. Untuk mengatasinya permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem yang dapat melakukan pengendalian untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembaban selama proses fermentasi tempe dengan menggunakan sensor DHT22 dan menggunakan *Thinger.io* sebagai *platfrom Internet of Things* untuk mempermudah dalam pengawasan suhu dan kelembaban selamaproses fermentasi. Pada pengendalian sistem mengunakan mikrokontroler Arduino Mega dan NodeMCU ESP8266 sebagai pengirim data ke *smartphone* atau laptop melalui *platform Thinger.io*.Penelitian yang terkait yaitu penelitian dari Yusuf Ismai Nakhoda, Aryuanto Soetedjo dan Pravasta Ongko S. yang berjudul "Rancang Bangun Alat Proses Fermentasi Kedelai Menggunakan Kendali Suhu dan Kelembaban Untuk Produksi Tempe Skala Kecil". Penelitian ini menggunakan sensor SHT11 sebagai sensor suhu dan kelembaban. Percepatan tanpa mengurangi kualitas tempe yang dihasilkan. Hasil pengujian didapatkan bahwa kontroler dapat mempertahankan suhu rata-rata37,63°C dan kelembaban rata-rata 57,46%, serta dapat mempercepat proses fermentasi tempe dalamwaktu 24 jam [3]. Penelitian selanjutnya yang dilakukan Riko Putra Yunas dan Ali Basrah Pulungan yang berjudul "Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban pada Proses Fermentasi Tempe". Pada penelitian ini digunakan sensor DHT11 kontrol mikrokontroler Arduino Mega2560 [4]. Penelitian selanjutnya yang dilakukan Budi Darmawan, Willy Pradiyanto, dkk yang berjudul "Rancang Bangun Alat Pengendali Suhu Pada Fermentasi Tempe Berbasis Mikrokontroler". Pada penelitian ini fermentasi tempe dilakukan pada suhu antara 30°C dan 37°C menggunakan sensor DHT22 sebagai indikator suhu dan kelembaban. Menggunakan mikrokontroler Arduino UNO dengan Logika Fuzzy.

Dengan berlandaskan beberapa penelitian yang pernah dilakukan diatas, penelitian ini bertujuan untuk menciptakan suatu sistem kendali dan monitoring suhu dan kelembaban pada proses fermentasi tempe menggunakan sensor DHT22, menggunakan *heater* sebagai pengendali suhu yangdimana penelitian-penelitian sebelumnya masih menggunakan lampu bohlam dan pada penelitian ini juga menggunakan *mist maker* untuk pengendali kelembaban, kemudian untuk men-*setting point* nilai suhu, kelembaban, dan mengatur *timer* dengan mengunakan *keypad* yang dimonitoring berbasis *Internet of Things* melalui *web platform Thinger.io* dimana pengguna akan lebih mudah dalam melakukan pemantauan kodisi suhu dan kelembaban selama proses fermentasi tempe sehingga produksi tempe akan lebih efektif dan efisien.

2. METODOLOGI PENELITIAN

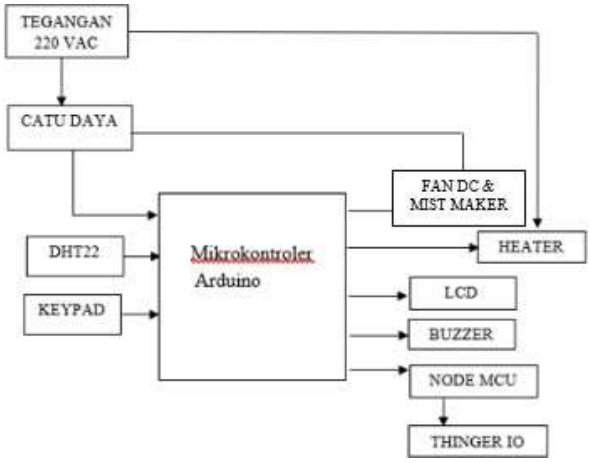
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan R&D (*Research and Development*). Penelitian R&D adalah aktivitas riset dasar untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan, kemudian dilanjutkan kegiatan pengembangan (*Development*) untuk menghasilkan produk dan menguji keefektifan. Agar penelitian dapat terarah, peneliti menyajikan langkah-langkahdalam bentuk diagram alur yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Metode Penelitian

2.1. *Perancangan Hardware*

Pada tahap ini perancangan *hardware* dimulai dari menentukan komponen apa saja yang dibutuhkan untuk membuat inkubator fermentasi tempe sehingga nantinya akan lebih mudah untukperancangan alat.

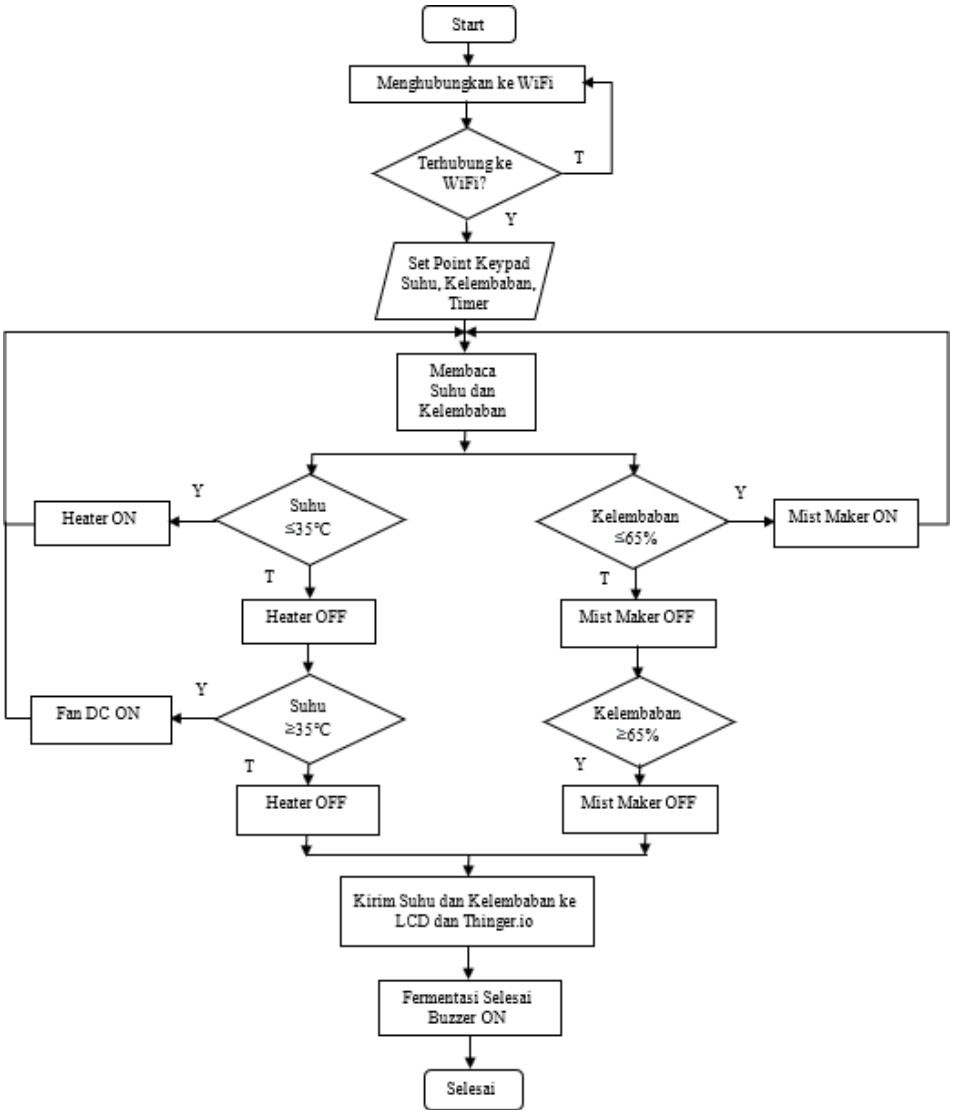


Gambar 2. Diagram Blok Perancangan *Hardware*

Dalam perancangan *hardware* terbagi atas beberapa bagian *input*, *process*, dan *output*. Komponen masukan (*input*) terdiri dari sensor DHT22 dan *Keypad*. Komponen proses untuk memproses masukan menggunakan Arduino Mega. Serta komponen keluaran (*output*) terdiri dari *relay*, *fan dc*, *heater*, *mist maker*, LCD, *buzzer*, dan NodeMCU ESP8266. Untuk menghubungkan alat dengan sumber listrik PLN 220 *Volt* AC. Tegangan 220 VAC ini diolah oleh rangkaian catu daya menjadi tegangan 12 VDC dan 5 VDC. *Heater* digunakan untuk menaikan suhu apabila nilai suhunya kurang dari *set point*. *Mist maker* digunakan untuk mengendalikan kelembaban dengan menggunakan *relay* sebagai *switch* ke arus 20 *Volt*. *Fan dc* digunakan untuk menurunkan suhu udara dalam inkubator. Proses selanjutnya yaitu pengolahan data pada mikrokontroler Arduino Mega. Mikrokontroler akan memerintahkan ke sistem untuk mendeteksi nilai suhu dan kelembaban di dalam ruangan fermantasi. Untuk monitoring keadaan suhu dan kelembaban di dalam alat, mikrokontroler mengirimkan data ke ouput LCD dan *Thinger.io* yang dikirimkan melalui NodeMCU ESP8266. Pada *Thinger.io* akan ditampilkan nilai dan grafik dari suhu dan kelembaban.

2.2. *Perancangan Software*

Pada tahap ini dilakaukan perancangan *software* yang memiliki tujuan agar alur dan sistemmonitoring dapat dilakukan dengan jelas serta program bisa berjalan sesuai yang diinginkan.



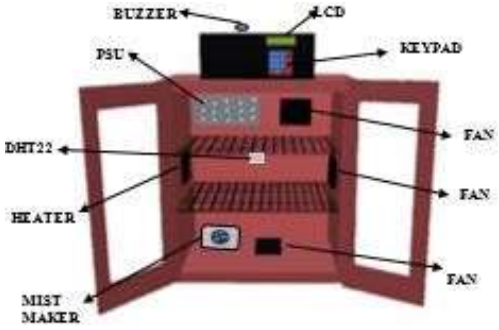
Gambar 3. *Flowchart* Perancangan *Software*

Dari Gambar 3.4. bertujuan agar alur proses fermentasi dapat terbaca dengan jelas salam pembuatan program berjalan sesuai yang diinginkan. Program dimulai dari menghubungkan koneksi *WiFi,* jika sudah terhubung kemudian dapat dilakukan pengaturan *set point* suhu, kelembaban, dan *timer* dengan menggunakan *keypad* yang diinginkan. *Set point* akan diatur dengan *keypad* berada pada nilai rekomendasi, yaitu 35℃ untuk suhu dan 65% RH untuk kelembaban. Jika suhu yang terbaca dibawah suhu 35℃ maka *heater* akan bekerja untuk menaikan suhu sesuai dengan *set point*.Sedangkan jika suhu terbaca diatas suhu 35℃ maka *heater* akan berhenti bekerja dan *fan DC* akan menyala untuk menurunkan suhu sampai mencapai *set point*. Jika kelembaban dibawah 65% RH maka *mist maker* akan menyala menghasilkan kabut air yang sangat halus untuk menaikan kelembaban sesuai dengan *set point*. Apabila kelembaban diatas 65% maka *mist maker* akan otomatis mati. Proses ini terus berlanjut sehingga menghasilkan kestabilan suhu dan kelembaban disekitaran angka yang ditetapkan sesuai *set point*. Jika telah tercapai *timer* fermentasi selesai maka *buzzer* menyala sebagai indikator fermantasi selesai.

2.3. *Desain Alat*

Pada tahap ini dijelaskan mengenai perancangan inkubator fermentasi yang akan dibuat. Perancangan alat ini dibuat agar memudahkan penulis dalam proses pembuatan alat dan pembaca atau orang lain juga bisa memahaminya. Dimensi alat yang akan dibuat 50x30x60 cm. Gambar perancangan alat yang dibuat dari tampak depan, tampak dalam, tampak atas dan tampak belakang dapat dilihat pada Gambar berikut.

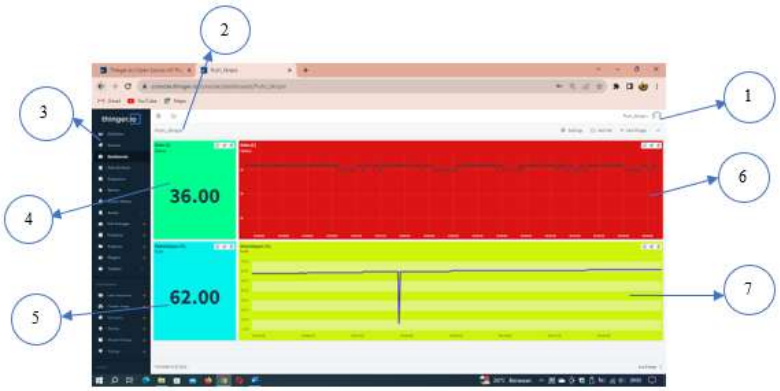
Gambar 4. Desain Alat Tampak Depan



Gambar 5. Desain Alat Tampak Dalam

2.4. *Perancangan Tampilan Thinger.io*

Pada tahap ini dimana penulis melakukan perancangan terhadap *web* yang akan digunakan.Perancangan *web Thinger.io* dibuat sesuai dengan hasil dari suatu nilai keluaran sensor. *Platform Thinger.io* adalah suatu perangkat keras yang memungkinkan digunakan untuk menghubungkan perangkat apapun terkoneksi internet dari perangkat arduino. Pembuatan tampilan *web Thinger.io* ini diharapkan agar seseorang yang berada jauh dari inkubator fermentasi dapat memonitor nilai suhu dan kelembaban yang ada di dalam inkubator fermentasi. Pada Gambar 6 menunjukkan desaintampilan *dashboard web Thinger.io* pemantauan suhu dan kelembaban inkubator.



Gambar 6. Tampilan *dashboard Thinger.io*

Keterangan Gambar 6:

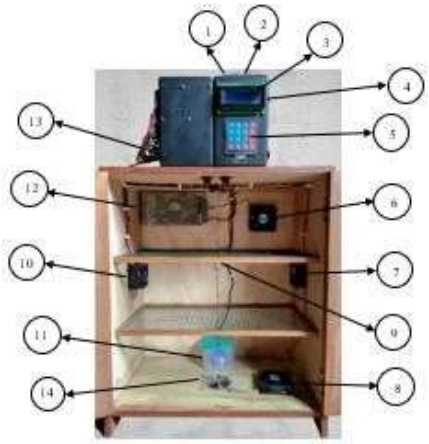
1. Nama akun *Thinger.io*
2. Nama alamat *device*
3. *Menu bar*
4. Tampilan nilai suhu
5. Tampilan nilai kelembaban
6. *Gauge* untuk suhu
7. *Gauge* untuk kelembaban
8. Grafik *chart* perubahan suhu
9. Grafik *chart* perubahan kelembaban

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Alat Inkubator Fermentasi Tempe*

Inkubator memiliki dimensi 50x30x60 cm dengan bentuk seperti almari kecil. Terbuat dari bahan papan dengan ketebalam 1,5 cm. Bahan ini kuat dan mudah untuk dibentuk sesuai keinginan. Bahan ini juga memiliki ketahanan panas yang baik sehingga mampu mempertahankan nilai suhu dan kelembaban didalamnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar berikut.

Gambar 7. Hasil Alat Tampak Depan



Gambar 8. Hasil Alat Tampak Depan

Keteragan Gambar 8

1. *Buzzer*
2. NodeMCU ESP8266
3. *LCD*
4. Tombol *Reset*
5. *Keypad*
6. *Fan DC*
7. *Fan DC*
8. *Fan DC*
9. Sensor DHT22
10. *Heater*
11. *Mist Maker*
12. *Power Supply*
13. *Switch On/Off*
14. Lubang Sirkulasi

3.2. *Hasil Pengujian Sensor DHT22*

Pengujian sensor DHT22 dilakukan dengan membandingkan suhu dan kelembaban pada alat ukur. Alat ukur yang digunakan yaitu *Hygrometer* HTC-2. Suhu dan kelembaban diukur dengan*Hygrometer* HTC-2 yang berbeda-beda. Nilai suhu dan kelambaban sensor DHT22 dibandingkan *Hygrometer* HTC-2 digital agar diketahui nilai *error* dan akurasinya.

Hasil pengujian perbandingan sensor DHT22 dan alat ukur dalam mengukur suhu ditunjukkan oleh Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Perbandingan pada Suhu

Uji Coba	*Nilai Suhu Pada Sensor DHT22 (°C)*	*Nilai Suhu Pada Hygrometer HTC-2 (°C)*	*Error (%)*	*Akurasi (%)*
1	*29*	*29,5*	*1,6*	*98,4*
2	*30*	*30,6*	*1,9*	*98,1*
3	*31*	*31,4*	*1,2*	*98,8*
4	*32*	*32,2*	*0,6*	*99,4*
5	*33*	*32,9*	*0,3*	*99,7*
6	*34*	*33,7*	*0,8*	*99,2*
7	*35*	*34,6*	*1,1*	*98,9*
8	*36*	*35,1*	*2,5*	*97,5*
	Rata-Rata		*1,2*	*98,7*

Suhu berdasarkan Tabel 1 diketahui nilai sensor dan alat ukur memiliki nilai yang mendekati dan hampir sama. Hal ini menjukkan bahwa hasil pengukuran suhu dengan menggunakansensor dan alat ukur memiliki selisih yang sangat sedikit. Dari rata-rata *error* yang rendah 1,2% danakurasi yang tinggi diatas 98,7%, maka dapat dikatakan jika sensor yang digunakan berkerja dengan baik karena sesuai dengan datasheet sensor DHT22 yaitu *range error* dari suhu adalah ± 5°C. Dapat dihitung rata-rata *error* dan akurasi pengukuran suhu oleh sensor DH22 dengan rumus sebagai berikut.

$$Error\ (\%) = \left(\frac{|29-29,5|}{29,5}\right) \times 100 \quad (1)$$
$$= \left(\frac{0,5}{29,5}\right) \times 100$$
$$= 1,6$$

$$\text{Akurasi } (\%) = 100 - Error \quad (2)$$
$$= 100 - 1,6$$
$$= 98,4$$

Hasil pengujian perbandingan sensor DHT22 dan alat ukur dalam mengukur kelembapanditunjukkan oleh Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Hasil Perbandingan pada Kelembaban

Uji Coba	*Nilai Kelembaban Pada Sensor DHT22 (%RH)*	*Nilai Kelembaban Pada Hygrometer HTC-2 (%RH)*	*Error (%)*	*Akurasi (%)*
1	*59*	*60*	*1,6*	*98,4*
2	*60*	*62*	*3,2*	*96,8*
3	*62*	*65*	*4,6*	*95,4*
4	*64*	*66*	*3,0*	*97,0*
5	*65*	*63*	*3,1*	*96,9*
6	*70*	*74*	*5,4*	*94,6*
7	*75*	*77*	*2,5*	*97,5*
8	*80*	*82*	*2,4*	*97,6*
	Rata-Rata		***3,2***	***96,7***

Berdasarkan Tabel 2 diketahui nilai pengukuran kelembapan oleh sensor dan alat ukur memiliki nilai yang tidak terpaut jauh. Hal ini menjukkan bahwa selisih antara hasil pengukuran sensor dan alat ukur memiliki selisih yang sedikit. Rata-rata *error* antara nilai sensor dengan alat ukur yaitu sebesar 3,2% dan nilai akurasi sebesar 96,7%, sehingga sensor berfungsi baik karena sesuai dengan datasheet sensor DHT22 yaitu *range error* dari kelembaban adalah 2-5%. Dari rata- rata kesalahan tersebut, dapat dihitung rata-rata akurasi pengukuran kelembapan oleh sensor DH22 dengan rumus sebagai berikut.

$$Error\ (\%) = \left(\frac{|59-60|}{60}\right) \times 100 \quad (3)$$
$$= \left(\frac{1}{60}\right) \times 100$$
$$= 1,6$$

$$\text{Akurasi } (\%) = 100 - Error \quad (4)$$
$$= 100 - 1,6$$
$$= 98,4$$

3.3. *Hasil Pengujian Thinger.io*

Pengujian *Thinger.io* dilakukan untuk mengetahui apakah *Thinger.io* terintegrasi dengan baik terhadap perangkat atau tidak yang dilakukan dengan membandingkan nilai keluaran sensor antara nilai *hardware* pada LCD dengan tampilan *web Thinger.io*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian data pembacaan

sensor ke *platform Thinger.io*. Tabel 3 menunjukkan hasil nilai perbandingan antara nilai *hardware* pada LCD dengan nilai pada tampilan *web Thinger.io.*

Tabel 3. Hasil Pengiriman Pembacaan Data Sensor ke Tampilan *Thinger.io*

Uji Coba	*Tampilan LCD*		*Tampilan Thinger IO*		*Error (%)*	
	Suhu (℃)	*Kelembaban (%RH)*	*Suhu (℃)*	*Kelembaban (%RH)*	*Suhu*	*Kelembaban*
1	*29*	*60*	*29*	*60*	*0*	*0*
2	*30*	*62*	*30*	*62*	*0*	*0*
3	*31*	*69*	*31*	*69*	*0*	*0*
4	*33*	*67*	*33*	*67*	*0*	*0*
5	*34*	*65*	*34*	*65*	*0*	*0*
6	*35*	*64*	*35*	*64*	*0*	*0*
7	*40*	*68*	*40*	*68*	*0*	*0*
8	*45*	*71*	*45*	*71*	*0*	*0*
9	*47*	*70*	*47*	*70*	*0*	*0*
10	*50*	*75*	*50*	*75*	*0*	*0*
		Rata – Rata			0	0

Berdasarkan Tabel 3 diketahui hasil rata-rata dari pengujian perbandingan nilai keluaran sensor yang di LCD dengan tampilan *web Thinger.io* memiliki nilai *error* 0% untuk suhu dan 0% untuk kelembaban, sehingga dapat dikatakan tampilan antara nilai sensor dengan tampilan *web Thinger.io* sudah sesuai. Hasil perbandingan tampilan antara nilai *hardware* pada LCD dengan nilai tampilan pada *web Thinger.io* dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10 berikut.

Gambar 9. Tampil pada LCD

Gambar 10. Tampilan pada Thinger.io

3.4. *Hasil Pengujian Fermentasi Tempe*

Pada pengujian ini untuk mengetahui perbandingan waktu fermentasi antara tempe konvensional dengan fermentasi kontrol otomatis pada inkubator. Dengan menggunakan sensor DHT22, maka suhu dan kelembapan dapat dikontrol dengan baik. Dari pengujian yang dilakukan, untuk pembuatan tempe secara konvensional membutuhkan waktu fermentasi ±40 jam, sedangkan fermentasi dengan kontol otomatis menggunakan inkubator membutuhkan waktu yang lebih singkat, sesuai data pada Tabel 4 dan Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Pengujian hasil fermentasi tempe manual

Uji Coba	*Jumlah Tempe*	*Suhu (℃)*	*Kelembaban (%RH)*	*Waktu Fermentasi*	*Keterangan*

1	*2 bungkus*	*29 – 32*	*60 – 65*	*32 jam*	*Berhasil*
2	*2 bungkus*	*27 – 32*	*60 – 65*	*30 jam*	*Berhasil*

Tabel 5. Pengujian hasil fermentasi tempe dengan alat

Uji Coba	***Jumlah Tempe***	***Suhu (℃)***	***Kelembaban (%RH)***	***Waktu Fermentasi***	***Keterangan***
1	*2 bungkus*	*29 – 30*	*60 – 65*	*28 jam*	*Berhasil*
2	*2 bungkus*	*31 – 32*	*65 – 70*	*26 jam*	*Berhasil*
3	*2 bungkus*	*33 – 34*	*60 – 70*	*23 jam*	*Berhasil*
4	*2 bungkus*	*34 – 35*	*65 – 70*	*22 jam*	*Berhasil*
5	*2 bungkus*	*36 – 37*	*60 – 65*	*20 jam*	*Sedikit Busuk*

Dapat dilihat dari Tabel 4 pengujian fermentasi tempe konvensional dengan Tabel 5 pengujian menggunakan alat inkubator menghasilkan bahwa fermentasi dengan alat inkubator jauhlebih cepat dibanding dengan cara konvensional. Jika fermentasi dengan cara konvensional pada ujicoba 2 membutuhkan waktu 30 jam dengan suhu antara 27℃ – 32℃ dan kelembaban 60 – 65%RH,sedangkan dengan alat fermentasi tempe dapat berhasil dalam waktu tercepat 22 jam pada uji coba ke 4 dengan suhu antara 34℃ – 35℃ dan kelembaban 65 – 70%RH.

Hasil perbandingan dari tempe fermentasi konvensional dengan tempe fermentasi dengan alat inkubator selama 22 jam dapat dilihat pada Gambar 12 berikut.

Gambar 12. Perbandingan Fermentasi (A) Fermentasi Konvesional, (B) Fermentasi Inkubator

Dapat dilihat dari Gambar 12 (A) fermentasi dengan cara konvesional selama 22 jam permukaan kedelai hanya berembun dan belum ditumbuhi spora jamur, sedangkan dengan Gambar12 (B) fermantasi yang menggunakan alat inkubator selama waktu 22 jam permukaan kedelai hampir seluruhnya sudah tertutupi oleh spora jamur yang menandakan tempe sudah matang. Hal ini membuktikan bahwa fermentasi dengan menggunakan inkubator jauh lebih cepat matang dibandingdengan fermentasi konvesional tanpa alat.

3.5. *Hasil Pengujian Keseluruhan*

Pengujian keseluruhan dilakukan untuk menguji seluruh alat mulai dari memilih waktu fermentasi sampai proses fermentasi selesai, sehingga dapat mengetahui hubungan antara *input* dan*output* dalam penelitian ini. Pengujian sistem keseluruhan ini untuk mencari tahu kondisi *heater, fandc* dan *mist maker* terhadap pembacaan nilai suhu dan kelembaban dari sensor DHT22. Hasil pengujian keseluruhan sistem ditunjukkan oleh Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Uji keseluruhan sistem

Set Timer	**Kondisi *Heater***		**Kondisi *Fan DC***		**Kondisi *Mist Maker***		**Ket**
	≤35℃	≥35℃	≤35℃	≥35℃	≤65%	≥65%	
10 jam	*ON*	*OFF*	*OFF*	*ON*	*ON*	*OFF*	*Sesuai*

15 jam	*ON*	*OFF*	*OFF*	*ON*	*ON*	*OFF*	*Sesuai*
20 jam	*ON*	*OFF*	*OFF*	*ON*	*ON*	*OFF*	*Sesuai*
24 jam	*ON*	*OFF*	*OFF*	*ON*	*ON*	*OFF*	*Sesuai*
30 jam	*ON*	*OFF*	*OFF*	*ON*	*ON*	*OFF*	*Sesuai*

Dari Tabel 7 dapat diketahui proses fermentasi tepe dengan menggunakan inkubator berjalan dengan baik. Dimana kondisi *heater* dan *fan dc* akan *on/off* sesuai dengan *set point* yang dibutuhkan, jika suhu ≤35℃ maka *heater* akan *on* dan *fan dc* akan *off* untuk menaikan suhu, sedangkan jika suhu ≥35℃ maka *heater* akan *off* dan *fan dc* akan *on* untuk menurunkan suhu sesuai dengan *set point*. Sedangkan *mist maker* akan *on* apabila kelembaban ≤65% untuk menaikan dan menstabilkan kelembaban sesuai dengan *set point*, apabila kelembaban ≥65% *mist maker* akan otomatis *off*.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dibuat "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Pada Inkubator Fermentasi Tempe Menggunakan *Thinger.Io*" alat yang dapat terhubung dengan *website Thinger.io* untukpemantauan nilai suhu dan kelembaban dalam inkubator.
2. Dari hasil pengujian sistem yang telah dilakukan menggunakan sensor DHT22 dengan persentase rata-rata *error* 1,2% untuk suhu dan 3,2% untuk kelembaban, dan dari sensor DHT22 akan menghasilkan keluaran menyalakan *heater*, *fan*, dan *mist maker.*
3. Dari hasil pengujian *website Thinger.io* yang dilakukan untuk membandingkan nilai suhu dan kelembaban dari perangkat *hardware* yang ditampilkan pada LCD dengan tampilan pada *Thinger.io* menghasilkan *error* tampilan 0% sehingga dapat dikatakan kemampuan *Thinger.io*untuk memantau suhu dan kelembaban berjalan dengan baik.
4. Fermentasi tempe menggunakan inkubator otomatis membutuhkan waktu sekitar 22 jam, sedangkan fermentasi tempe secara konvensional membutuhkan waktu sekitar ±40 jam. Maka dengan menggunakan inkubator frementasi dapat lebih cepat 18 jam dari pada metode konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Rahmad, I. F., & Afrianto, D. (2014). Rancangan Indikator Temperatur Pada Proses FermentasiKacang Tanah (Tempe). *Seminar Nasional Informatika*, 160–164.

[2] A. Setyawan, Ratna.A., & Legowo.S. (2013). *Desain Alat Sistem Kontrol Suhu dan Kelembaban Untuk Optimasi Proses Pembuatan Tempe Pada Skala Industri Rumah Tangga*. 1–7

[3] Nakhoda, Y. I., Soetedjo, A., & S, P. O. (2020). Rancang Bangun Alat Proses Fermentasi Kedelai Menggunakan Kendali Suhu dan Kelembapan untuk Produksi Tempe Skala Kecil. *JurnalAplikasi Sains Teknologi Nasional*, *01*(01), 14–18.

[4] Yunas, R. P., & Pulungan, A. B. (2020). *Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban pada Proses Fermentasi Tempe*. *06*(01), 103–113.